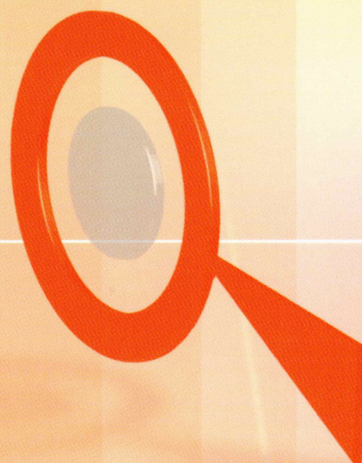


УНАПРЕЂИВАЊЕ КВАЛИТЕТА И ДОСТУПНОСТИ ОБРАЗОВАЊА У СРБИЈИ

Емилија ЛАЗАРЕВИЋ
Николета ГУТВАЈН
Душица МАЛИНИЋ
Нада ШЕВА

Уреднице



БЕОГРАД, 2018.

Библиотека
„ПЕДАГОШКА ТЕОРИЈА И ПРАКСА“

47



УНАПРЕЂИВАЊЕ КВАЛИТЕТА
И ДОСТУПНОСТИ ОБРАЗОВАЊА У СРБИЈИ

Издавач

Институт за педагошка истраживања

За издавача

Николета Гутвајн

Уреднице

Емилија Лазаревић, Николета Гутвајн,
Душица Малинић и Нада Шева

Лектор

Јелена Стевановић

Технички уредник

Јелена Станишић

Дизајн корица

Бранко Цветић

Програмски прелом и штампа

Кућа штампе плус
www.stampanje.com

ISBN 978-86-7447-142-5

Тираж

300

ИНСТИТУТ ЗА ПЕДАГОШКА ИСТРАЖИВАЊА

УНАПРЕЂИВАЊЕ КВАЛИТЕТА И ДОСТУПНОСТИ ОБРАЗОВАЊА У СРБИЈИ

Уреднице

Емилија Лазаревић, Николета Гутвајн,
Душица Малинић и Нада Шева

БЕОГРАД
2018.

ИНСТИТУТ ЗА ПЕДАГОШКА ИСТРАЖИВАЊА

Рецензенти

Проф. др Снежана Стојиљковић

Проф. др Оливера Кнежевић-Флорић

Проф. др Сања Ђоковић

Радови у књизи представљају резултат рада на пројекту *Унапређивање квалитета и доступности образовања у процесима модернизације Србије* (бр. 47008) чију реализацију финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (2011–2018).

CIP - Каталогизација у публикацији - Народна библиотека Србије, Београд

159.947.5-057.874(082)

37.015.3:159.953.5(082)

37.014.5(497.11)(082)

УНАПРЕЂИВАЊЕ квалитета и доступности образовања у Србији : уреднице Емилија Лазаревић ... [i dr.]. - Београд : Институт за педагошка истраживања, 2018 (Београд : Кућа штампе плус). - 336 стр. : граф. прикази ; 24 cm. - (Библиотека Педагошка теорија и пракса ; 47)

"Радови у књизи представљају резултат рада на пројекту "Унапређивање квалитета и доступности образовања у процесима модернизације Србије" ..."-> прелим. стр. - Тираж 300. - Стр. 7-14: Предговор / Уреднице. - Напомене и библиографске референце уз текст. - Библиографија уз сваки рад. - Регистар.

ISBN 978-86-7447-142-5

1. Лазаревић, Емилија [уредник] [аутор додатног текста]

а) Ученици - Мотивација - Зборници б) Наставници - Стручно усавршавање - Зборници с) Учење учења - Зборници д) Србија - Образовна политика - Зборници

COBISS.SR-ID 272243468

МЕТОДИЧКИ АСПЕКТИ МОДЕЛИРАЊА ПОДАТАКА ПОСРЕДСТВОМ ИНТЕРАКТИВНИХ ГРАФИКОНА *

Ђорђе М. Кадијевић¹

Институт за педагошка истраживања, Београд

Рад са подацима (енгл. *data practice*) је једна од главних области савременог образовања, посебно у дисциплинама које се тичу науке, технологије, инжињерства и математике, у тзв. STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) дисциплинама (English, 2016). Иако је тај рад традиционално био повезан са анализом података – која је могла бити заснована на сложеним математичким и статистичким моделима, већина ученика у овим дисциплинама се вероватно неће бавити таквом анализом у оквиру будућих занимања, већ само неким основним моделирањем података. Стога је све више присутан захтев да основно моделирање података, засновано на елементарном математичком и статистичком знању, буде заступљено и на ранијим нивоима образовања. У току је, на пример, реализација пројекта под називом „Међународни пројекат о науци о подацима у школама (енгл. International Data Science in Schools Project), чији је циљ не само креирање одговарајућег (а тренутно спорадично заступљеног) средњошколског предмета о науци о подацима, већ и развијање курикулума професионалног усавршавања наставника различитих специјалности за реализацију наставе тог предмета. Детаљи о том пројекту, у коме учествују образовни експерти из Америке, Аустралије, Енглеске, Канаде, Немачке и са Новог Зеланда, могу се наћи на адреси <http://www.idssp.org/>.

За реализацију моделирања података (или како се у последње време све чешће апострофира *Науке о подацима за све ученике – Data science for all*, <https://www.causeweb.org/cause/ecots/ecots18>), обично се предлаже коришћење прикладне технологије, попут интерактивних графикана. Да бисмо такво моделирање што успешније реализовали у пракси, требало би га заснивати на одговарајућем теоријском оквиру који описује очекивани

* Аутор рад посвећује сину Александру.

¹ E-mail: djkadij@turing.mi.sanu.ac.rs

циклус учења. Основне компоненте тог оквира могу бити следеће активности: постављање питања, припремање података, визуализација података и одговарање на постављена питања (Kadijevich, 2018). Наравно, успешна реализација тих активности условљена је познавањем главних методичких аспеката таквог циклуса учења. У овом поглављу бавимо се тим методичким аспектима.

У наставку прво разматрамо актуелност теме и образовне вредности моделирања података посредством интерактивних графикона. Затим проучавамо главне методичке аспекте таквог моделирања који се првенствено тичу визуализације података. На крају указујемо на могуће импликације разматраних питања за наставну праксу и даља педагошка истраживања. С обзиром на то да би моделирање података требало да будава не само професионална већ и разна друштвена питања (нпр. незапосленост, образовање, демографска питања, миграцију; <https://iase-web.org/conference/roundtable16/>), у тексту се, засновани на реалним подацима, користе примери који се односе на образовање, здравство и туризам.

■ Актуелност и образовне вредности

□ Наука о подацима, моделирање података, интерактивни графикони

Наука о подацима (енгл. *data science* или *datalogy* (од данске речи *datalogi*)) – која је у рачунарству присутна већ више од пола века (Naur, 1992) – посебно је актуелна последњих година. Имајући у виду све присутније захтеве да се огромне количине података моделирају у пословне, научне или друге сврхе (да би се из њих добиле потенцијално корисне информације које могу довести и до новог знања), не изненађује чињеница да је посао научника који ради са подацима (енгл. *data scientist*) све траженији. Иако статистичари обично кажу да је наука о подацима у ствари статистичка анализа података (тј. *data science* „=“ *data analysis*), то ипак није тачно, јер наука о подацима захтева не само знања и вештине из рачунарства (нпр. из програмирања и основа база података) и математике (примена разноврсних математичких и статистичких модела), већ, између осталог, и висок степен креативности и добре вештине комуникације. Стога не изненађује да такав посао доноси и високе зараде (и преко 100,000 \$ на годишњем нивоу). С обзиром на то да ће некакво моделирање података вероватно бити приступно у будућем професионалном раду већине ученика, све је више захтева да основно

моделирање података буде заступљено и на ранијим нивоима образовања (нпр. Davison, 2015; Metz, 2015; Ridgway, 2016). С тим у вези, предлаже се коришћење прикладне технологије, попут интерактивних графикана.

Интерактивни графикони су дескриптивни графички прикази чији се садржај аутоматски ажурира када наступи промена у подацима или варијаблама које разматрамо. Обично су имплементирани у виду тзв. пивот табела и пивот графикана (енгл. *pivot tables*, *pivot charts*). Пошто се креирају у тзв. превуци и отпусти (енгл. *drag-and-drop*) моду, могу се, без већих потешкоћа, користити за визуализацију регуларности и тренда у разматраним подацима ако такве релације постоје. Генерисане визуализације се по правилу заснивају на елементарним математичким и статистичким моделима, попут фреквенци, сума и просечних вредности, и ти се модели, по избору визуализације од стране корисника, аутоматски примењују од стране коришћеног дигиталног алата. Примена тих графикана, посебно објеката типа *dashboard*, значајно се повећала последњих година (видети, на пример, галерију тих објеката доступну на адреси <https://www.idashboards.com/dashboard-examples/>).

□ Моделирање података у педагошким оквирима

Образовне вредности моделирања података помоћу интерактивних графикана (а уз примену елементарних модела из математике и статистике) су последњих десетак година у жижи проучавања једног броја истраживача који се баве унапређивањем наставе статистике (нпр. Gould *et al.*, 2016; Ridgway, 2016). Према нашем недавном увиду у литературу у тој области, међу таквим истраживачима предњачила је група окупљена при центру *Smart* (Durham University, UK, <https://www.dur.ac.uk/smart.centre/>), залажући се за приступ „Прво визуализуј, па онда концептуализуј“. Њихова истраживања указују да таква врста моделирања, и при неформалном приступу, омогућава, између осталог, разумевање важних статистичких појмова, као што су величина ефекта, тренд, интеракција и конфундирајућа варијабла (Ridgway, James & McCusker, 2013).

Моделирање података се може посматрати и као тип математичког моделирања, због тога што се и оно, између осталог, заснива на утврђивању контекста проблема и питања на које би требало одговорити; одређивању и коришћењу назовисних и зависних варијабли; генерисању табела и графикана (обично посредством технологије); одређивању значења добијених

резултата, тј. давању одговора на постављена питања (Kadijevich, 2018). Дакле, схваћено на овај начин, моделирање података може допринети и развијању важних математичких појмова, као што су променљива (независна, зависна) и функционална зависност (линеарна, нелинеарна).

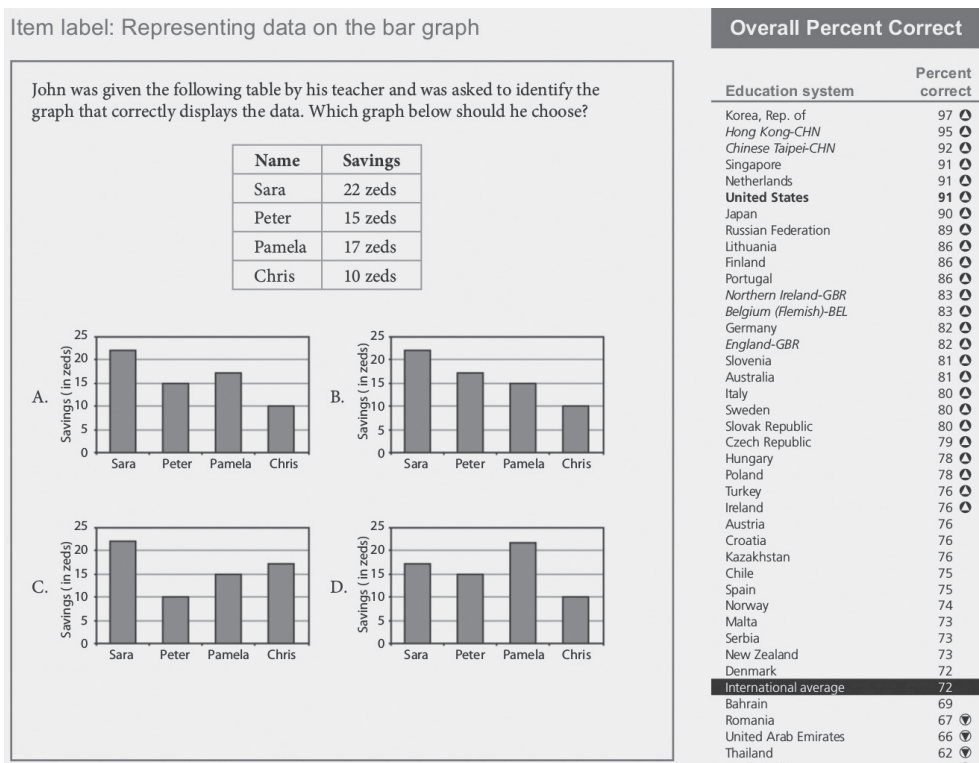
Поред поменутих образовних вредности у домену статистичког и математичког образовања, моделирање података посредством интерактивних графикана може се, између осталог, користити за развијање рачунарског мишљења (енгл. *computational thinking*) у области рада са подацима, где се, кроз прикупљање, организовање и анализу података (сада са акцентом на рачунарске појмове и поступке), опет у основи трага за релацијама између тих података. Детаљи о том мишљењу и његовом неговању могу се, на пример, наћи на адреси <https://edu.google.com/resources/programs/exploring-computational-thinking/>.

Упркос бројним образовним могућностима које нуди рад са подацима у домену математичког, рачунарског или статистичког образовања (или STEM образовања уопште), још увек се недовољно зна о главним потешкоћама (изазовима) у моделирању података са којима се ученици обично суочавају, као и могућим разлозима који стоје у основи тих потешкоћа. Та важна питања у основи се односе на: (1) податке који се анализирају; (2) дигиталне алате (нпр. програме за рад са интерактивним графиконима) који се користе; и (3) поступак обраде (анализе, моделирања) података који користимо (Kadijevich, 2016). Тако се, на пример, потешкоће могу јавити у реализацији упита због недовољног искуства у раду са базама података у домену разумевања структуре слога и Булове логике коришћене у формулисању упита, посебно када се користи негација (Cox & Nikolopoulou, 1997). Уколико, у почетку радимо са припремљеним подацима (избегавајући тако потешкоће присутне у прикупљању и организовању података), чест извор потешкоћа представља одређивање независних и зависних варијабли, који је обично резултат недовољног познавања контекста разматраног проблема, као и недостатка вештина у структурисању проблема и интегрисању његових делова у складу са постављеним питањима или хипотезама (Kadijevich, 2016). Ако се користе скупови интерактивних графикана – тзв. командне табле (енгл. *dashboards*) које поред графичких обично укључују и нумеричке и табеларне интерактивне извештаје – те скупове би требало да чине графикони чија се структурна комплексност постепено увећава, са прикладним балансом између комплексности визуализације и корисности информације коју та визуализација открива (Yigitbasioglu & Velcu, 2013).

□ Рад са подацима и студија TIMSS

Подаци (енгл. *data*), тј. рад са подацима једна је од области провере знања ученика основне школе из математике, која се, у оквиру четворогодишњих циклуса, реализује у оквиру међународне студије TIMSS (<http://timssandpirls.bc.edu/>). За разлику од ранијих циклуса тог истраживања у којима су ученици из Србије у тој области имали резултате испод или на нивоу међународног просека од 500 поена (2003: 456 поена – VIII разред; 2007: 458 – VIII; 2011: 503 – IV), на последњем тестирању, 2015. године, ученици IV разреда постигли су 517 поена – резултат који је изнад просека. Задаци из области *Data* (тачније *Data Display*) у IV разреду углавном се односе на табеларно и графичко приказивање података, као и извођење закључака на основу таквих приказа података, а то су важни аспекти елементарног моделирања података. Један задатак са тестирања реализованог 2011. године приказан је на Слици 1.

Слика 1. TIMSS 2011 у IV разреду: задатак из области *Data Display* и успех у његовом решавању



Извор: https://nces.ed.gov/timss/pdf/TIMSS2011_G4_Math.pdf

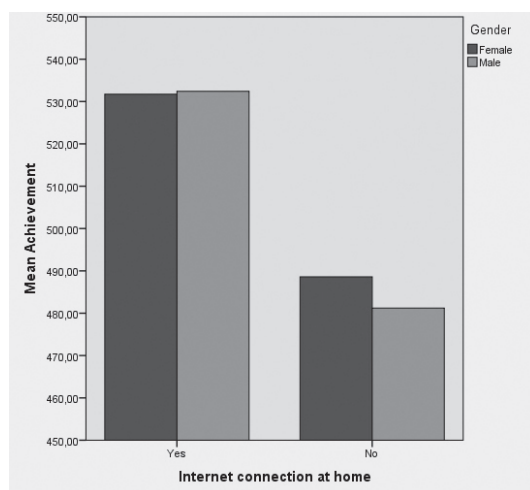
■ Методички аспекти

□ Визуализације са различитим нивоима детаља

Интерактивни графикони могу приказивати сумарне показатеље (нпр. просечне вредности и апсолутне или релативне фреквенце) на различитим нивоима детаља. Те детаље корисник бира у складу са својим захтевима и по потреби визуализацију даље сажима или рашчланује.

Размотримо, на пример, успех из математике ученика IV разреда из Србије на међународном тестирању TIMSS 2015.

Слика 2. Зависност успеха из математике од доступности интернета и пола



Извор података: фајл ASGSRBM6.sav из архиве T15_G4_SPSSData_pt3.zip доступне на адреси <https://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-database/>

Лако се уочава да се тај графикон односи на ученике различитог пола који имају или немају приступ интернету код куће. Дакле, поред приказивања просечног успеха свих ученика (ниво 0), можемо анализирати, рецимо, и следеће:

а) просечан успех само у односу на пол или доступност интернета (ниво 1, тј. први ниво детаља по категоријама једне варијабле), да бисмо установили да ли постоје разлике у том успеху у односу на изабрану варијаблу;

б) просечан успех у односу на доступност интернета и пол (ниво 2 илустрован на Слици 2), да бисмо, на пример, одредили за коју доступност интернету и који пол је разматрани успех најмањи.

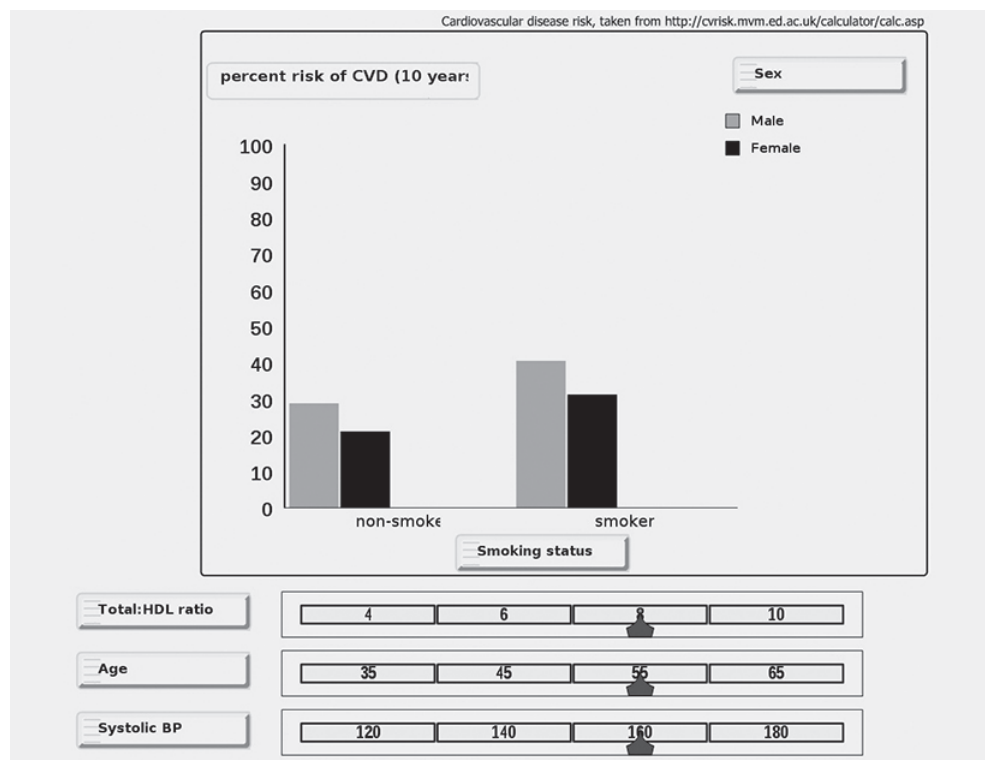
Такво постепено рашчлањивање (које наравно можемо наставити) илуструје како се један задатак (сагледавање успеха на тесту) може поделити на подзадатке (постигнут успех у односу на пол, доступност интернета и пол итд.), а то је једна од важних особености рачунарског мишљења. То рашчлањивање постижемо увођењем нових варијабли, при чему ако желимо да се усресредимо на разматрано стање (нпр. постигнут успех у односу на доступност интернета) за конкретну вредност неке варијабле (нпр. пол: девојчице), тада резултате обично филтрирамо у односу на вредности те варијабле, тј. ту варијаблу користимо као филтер. Ако окружење то допушта, за филтер можемо користити и вредности више варијабли. Међутим, треба имати на уму да иако коришћење филтера доводи до визуализације мање сложености која се лакше „чита“, односно разуме, таквим приступом не можемо поредити визуализације за различите вредности изабраног филтера (нпр. филтер је пол, па поредимо успех дечака и девојчица), ако притом визуализацију остварујемо посредством једног интеративног графикона. То нас доводи до важног питања: „Које би визуализације могле да буду разумљивије, тј. да се лакше „читају“?

☐ Разумљивије, читљивије визуализације

Кад год је могуће, због мањег когнитивног опетрећења, у визуализацију би прво требало укључити бинарне варијабле, тј. варијабле које имају само две вредности, фиксирајући, за почетак, вредности других варијабли ако постоје. Ако нас, на пример, занима ризик од кардиоваскуларних болести, тада бисмо тај ризик прво могли да посматрамо у зависности од пола и пушења, фиксирајући вредности осталих варијабли (филтера), као што је приказано на Слици 3. Таква визуализација би могла да доведе до једног или више налаза. Рецимо: ризик код непушача је око 30% за мушкарце а око 20% за жене, док је ризик код пушача око 40% за мушкарце а око 30% за жене. Фокусирајући се на *најједноставнији* од њих (нпр. независно од пола, пушење повећава ризик за око 10%, ризик код мушкараца пушача приближно је за трећину већи од ризика код мушкараца непушача, или пушење увећава ризик код жена за око 50%), могли бисмо да мењамо вредности једног од филтера (нпр. старост) како бисмо утврдили да ли добијени налаз важи за различите узрастне категорије или се он пак мења од категорије до категорије.

Да ли је могуће једновремено генерисати жељене визуализације за различите вредности филтера како бисмо проверили да ли налаз добијен за једну вредност тог филтера важи и за друге његове вредности?

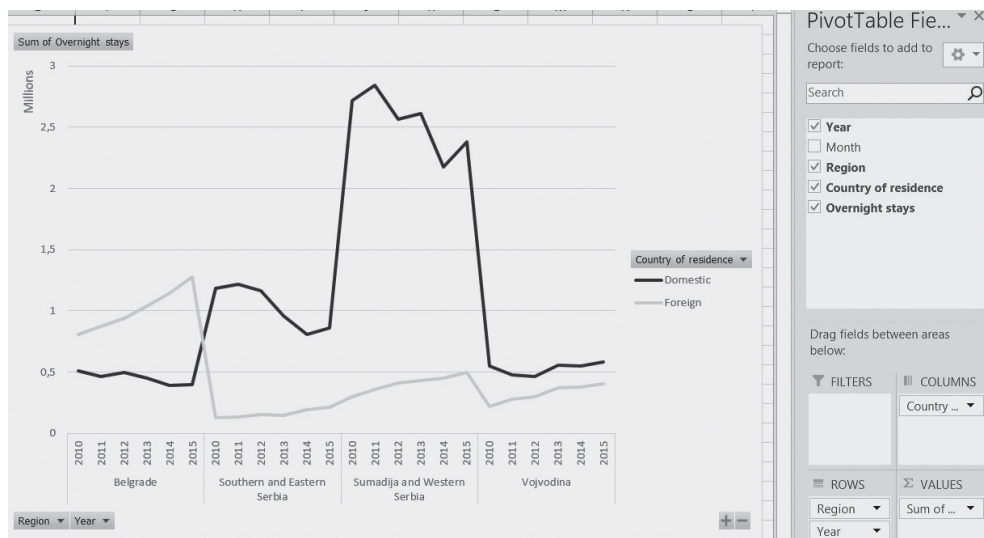
Слика 3. Ризик од кардиоваскуларних болести



Извор: <https://www.dur.ac.uk/smart.centre/freeware/>

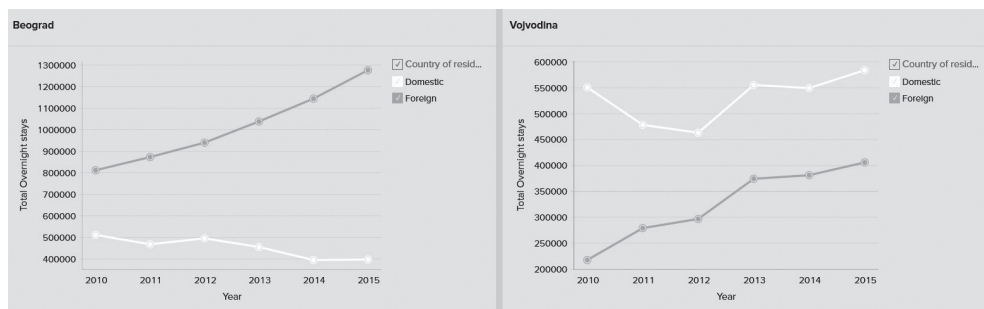
Интерактивни графикони развијени у центру *Smart* то не допуштају. Друга мана тих графикона је та што увек захтевају да се разматрају све понуђене варијабле уместо да се оне постепено укључују у анализу. У другим окружењима је могуће једновремено генерисати жељене визуализације за различите вредности филтера. На пример, у новијим верзијама програма *Microsoft Excel*, могуће је на x оси представити више од једне независне варијабле. Таквим приступом се може, на први поглед, уочити присутна правилност и њена сталност или променљивост од вредности до вредности разматраног филтера. Визуализација на Слици 4, на пример, јасно приказује да док у региону Београда има више ноћења страних него домаћих гостију, чији обим расте из године у годину, такав тренд раста је такође присутан и у осталим регионима Србије, али је у њима више ноћења домаћих него страних гостију (тј. постоји интеракција у статистичком смислу). Међутим, такав приступ сигурно није прикладан за почетнике, јер, између осталог, захтева да се *коректно* изабране варијабле *наведу* у одговарајућем редоследу

Слика 4. Изабрана визуализација за различите вредности филтера на једном интерактивном графikonу



Извор података: Републички завод за статистику, област Туризам; <http://webzrzs.stat.gov.rs/WebSite/public/ReportView.aspx>

Слика 5. Приступ dashboard: изабрана визуализација за различите вредности филтера на више интерактивних графикана



(нпр. прво регион, па онда година) јер ће у супротном бити генерисана неадекватна и често збуњујућа или неупотребљива визуализација.

Једновремено приказивање жељених визуализација за различите вредности филтера можемо постићи коришћењем објекта типа *dashboard* који представљају скупове интерактивних извештаја, најчешће интерактивних графикана. Слика 5 приказује пример таквог интерактивног објекта сачињеног у окружењу ZOHO (<https://www.zoho.com/reports/>). У

овом примеру генерисани графикони су исте структурне комплексности, а ако то није случај (нпр. <http://www.mi.sanu.ac.rs/~djkladij/Dashboard.htm>), ту комплексност би требало постепено увећавати, настојећи да се, како је већ раније истакнуто, оствари добар баланс између комплексности визуализације и корисности информације коју та визуализација открива.

■ Закључци и педагошке импликације

У овом прилогу размотрили смо главне методичке аспекте моделирања података посредством интерактивних графикана који се првенствено тичу визуализације података. У првом плану нам је било генерисање разумљивијих, читљивијих визуализација. Иако нема довољно емпиријских података о реализацији наставе у овој области (ни у свету, а ни код нас), разматрање је показало да би визуализацију посредством интерактивних графикана требало заснивати на постепеном увођењу независних варијабли, при чему би, ако постоје, прво требало разматрати евентуални утицај бинарних варијабли. При разматрању добијеног налаза за различите вредности филтера требало би полазити од *најједноставнијих* налаза, попут оних код којих постоји утицај само једне варијабле при фиксираној вредности друге (нпр. код мушкараца пушача ризик од инфаркта увећава се за око 30%). У напреднијем приступу моделирању података разматрање добијеног налаза за различите вредности филтера би требало реализовати једновременим приказивањем одговарајућих извештаја на једном интерактивном графикону или на више таквих графикана. Захтев за таквим приказивањем би могао да буде један од критеријума који би одвајао рад са подацима на уводном нивоу од рада са подацима на напреднијем нивоу.

Истакнуте потешкоће у припреми података – имајте на уму да истраживачи података (енгл. *data scientists*) највише време троше на припрему података (извор *Data Science Reports* за 2016. и 2017. годину доступни на <https://www.crowdfunder.com>, на пример) – подржавају давање препоруке да, посебно у почетним фазама рада, податке које је потребно моделирати (као и основне информације о контексту за који су ти подаци везани) обезбеђује наставник а не ученици. Наравно, да би се редуковале могуће потешкоће, а и као добра припрема за пролазак кроз цео циклус учења (моделирања), ученике би требало подстицати да критички разматрају и евентуално побољшавају резултате рада других ученика (нпр. кроз разматрање добијених налаза у контексту нализираних података; Schiller & Engel, 2016), што би омогућило

боље разумевање таквог рада са подацима (нпр. генеришемо визуализације да проверимо тврдње које други износе).

Да бисмо ученицима помогли у раду са подацима помоћу интерактивних графикона (промовишући, наравно, специфичности математичког, статистичког, рачунараског или неког другог резоновања), потребно је да дизајнирамо и у пракси адекватно користимо одговарајуће подупирање (енгл. *scaffolding*). Имајући на уму важност адекватног повезивања методичких приступа и технолошких могућности за успешно интегрисање технологије у образовни процес (Niess & Gillow-Wiles, 2017), то подупирање се, користећи аналогују са поменутиим повезивањем, може, рецимо, заснивати на успостављању веза између концептуалних/контекстуалних особености и технолошки заснованих могућности. На пример, можемо повезивати питања која постављамо и типове графикона које користимо, или успостављати везе између генерисаних визуализација и постављених питања. Када је у питању прво повезивање, напредније подупирање се може тицати, рецимо, коришћења могућности које су приказане на Слици 4 или 5.

Поред наведених препорука за реализацију наставе у овој области (која је, да још једном истакнемо, још увек у повоју на средњошколском нивоу), могуће је дати препоруке и за даља педагошка истраживања. С обзиром на то да се још увек недовољно зна о главним потешкоћама (изазовима) у разматраном моделирању података и могућим узроцима тих потешкоћа, даља истраживања би се могла фокусирати на потешкоће и могуће узроке у оквиру појединачних активности (нпр. визуализација података) или повезивања две активности (нпр. постављање питања и визуализација података). При томе би, у складу са добијеним налазима, посебну пажњу требало усмерити на дизајнирање и примену подупирања која ће умањити или елиминисати најчешће потешкоће, уважавајући релевантност и често присутну сложеност контекстуалних питања (Gal & Trostianitser, 2016). Имајући у виду да су контекстуално знање и структурисање проблема вероватно међусобно условљени (Restrepo & Christiaans, 2004), подупирање би могло да помогне ученицима у развијању важних вештина структурисања проблема (нпр. бирање варијабле, мера, графикона) док употпуњују знање о разматраном контексту (нпр. шта још разматрати, како мерити) и обрнуто (Kadijevich, 2018). Коришћење контекстуално заснованих подупирања требало би да допринесе (бољем) разумевању и повезивању три носеће активности моделирања (постављање питања – визуализација података – одговарање на постављена питања) у циљу остваривања што бољих образовних постигнућа.

■ Литература

- ☞ Cox, M. & Nikolopoulou, K. (1997). What information handling skills are promoted by the use of data analysis software? *Education and Information Technologies*, 2 (2), 105–120.
- ☞ Davison, C. B. (2015). Addressing the challenges of teaching big data in technical education. *The CTE Journal*, 3 (1), 43–50.
- ☞ English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3 (3), 1–8.
- ☞ Gal, I. & Trostianitser, A. (2016). Understanding basic demographic trends: connecting table reading, task design, and context. In Engel, J. (Ed.), *Promoting understanding of statistics about society. Proceedings of the Roundtable Conference of the International Association of Statistics Education (IASE), July 2016, Berlin, Germany*. The Haag, the Netherlands: ISI/IASE.
- ☞ Gould, R., Machado, S., Ong, C., Johnson, T., Molyneux, J., Nolen, S., Tangmunarunkit, H., Trusela, L. & Zanonian, L. (2016). Teaching data science to secondary students: The Mobilize introduction to data science curriculum. In Engel, J. (Ed.), *Promoting understanding of statistics about society. Proceedings of the Roundtable Conference of the International Association of Statistics Education (IASE), July 2016, Berlin, Germany*. The Haag, the Netherlands: ISI/IASE.
- ☞ Kadijevich, Dj. M. (2018). Data modelling using interactive charts. *The Teaching of Mathematics*, 21 (2).
- ☞ Kadijevich, Dj. M. (2016). Data modeling with dashboards: opportunities and challenges. In Engel, J. (Ed.), *Promoting understanding of statistics about society. Proceedings of the Roundtable Conference of the International Association of Statistics Education (IASE), July 2016, Berlin, Germany*. The Haag, the Netherlands: ISI/IASE.
- ☞ Metz, S. (2015). Editor's corner: big data. *The Science Teacher*, 82 (5), 6.
- ☞ Naur, P. (1992). *Computing: a human activity*. New York: ACM Press/Addison-Wesley.
- ☞ Niess, M. L. & Gillow-Wiles, H. (2017). Expanding teachers' technological pedagogical reasoning with a systems pedagogical approach. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33 (3), 77–95.
- ☞ Restrepo, J. & Christiaans, H. (2004). Problem structuring and information access in design. *Journal of Design Research*, 4 (2).
- ☞ Ridgway, J. (2016). Implications of the data revolution for statistics education. *International Statistical Review*, 84 (3), 528–549.
- ☞ Ridgway, J., James, N. & McCusker, S. (2013). 'Open data' and the semantic web require a rethink on statistics teaching. *Technology Innovations in Statistics Education*, 7 (2).
- ☞ Schiller, A. & Engel, J. (2016). Civic statistics and the preparation of future secondary school mathematics teachers. In Engel, J. (Ed.), *Promoting understanding of statistics about society. Proceedings of the Roundtable Conference of the International Association of Statistics Education (IASE), July 2016, Berlin, Germany*. The Haag, the Netherlands: ISI/IASE.
- ☞ Yigitbasioglu, O. M. & Velcu, O. (2013). A review of dashboards in performance management: implications for design and research. *International Journal of Accounting Information Systems*, 13 (1), 41–59.